

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ

Руктуев А.А., Журавина Т.В., Самойленко В.В.

Руководитель – доцент, к.т.н. Батаев И.А.

НГТУ, г. Новосибирск, Alex47@211.ru

В современном производстве конструкций ответственного назначения широкое применение нашли сплавы на основе титана. Его применение обусловлено высоким комплексом механических и физических свойств, в том числе высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью. Однако, в некоторых отраслях промышленности предъявляются еще более жесткие требования к коррозионной стойкости материала. Более высокой коррозионной стойкостью обладают такие материалы, как тантал и ниобий, однако их применение ограничено высокой плотностью и дороговизной. В литературе отмечается, что сплав Ti+40%Ta обладает коррозионной стойкостью на уровне чистого тантала.

Данная работа посвящена изучению структуры покрытий Ta-Ti-Nb, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки на подложке из чистого титана. Достоинством данного метода является то, что наплавка покрытия производится в воздушной атмосфере, а сам процесс является кратковременным.

В качестве подложки использовали титан марки BT1-0 в виде пластин размерами 100x50x10 мм. Для получения покрытия применяли порошки титана, тантала и ниобия. В качестве флюса использовали смесь фтористых солей: CaF₂ и LiF. Перед обработкой электронным пучком смеси порошков Ta, Ti и Nb с добавлением порошка флюса наносились на поверхность титанового образца в виде слоя с поверхностной плотностью насыпки 0,45 г/см². Состав насыпки представлен в таблице 1. В процессе наплавки основной металл со слоем порошка поступательно перемещался относительно электронного пучка со скоростью 10 мм/с. Для увеличения производительности обработки пучок сканировал поверхность образца в поперечном направлении. Амплитуда сканирования была равной ширине образца. В результате обработки на поверхности основного металла формировался наплавленный слой толщиной 1...2,5 мм.

Таблица 1. Состав насыпки и режимы обработки.

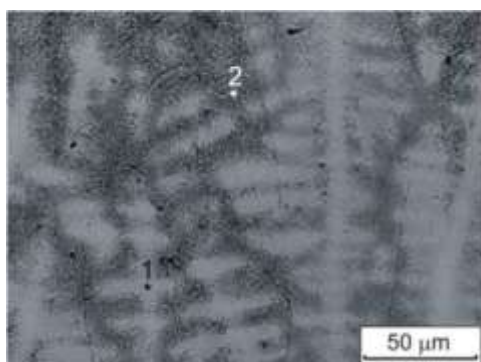
Плотность насыпки порошков, г/см ²	Скорость перемещения образца, мм/с	Ток пучка, мА	Весовая доля компонентов смеси порошков перед наплавкой на титановую основу, %				
			Ta	Nb	Ti	CaF ₂	LiF
0,45	10	24	26	26	18	22	8

На рис. 1 приведён внешний вид покрытия, сформированного в процессе наплавки. В структуре материала можно выделить ряд характерных зон: зона переплавленного металла (1), зона термического влияния (2) и зона основного металла (3).



Рис. 1. Панорама образца после наплавки.

Средний химический состав наплавки, определённый методом микрорентгеноспектрального анализа, представлен на рисунке 2. В переплавленном металле (зона 1) отчётливо видны контуры дендритной структуры, сформированной в процессе первичной кристаллизации. Крупные дендритные кристаллы, прилегающие к зоне термического влияния, в процессе кристаллизации растут в направлении теплоотвода. Наиболее отчётливо дендритная морфология покрытия наблюдается при исследовании на растровом электронном микроскопе в обратно отражённых электронах (рис. 2). При этом дендриты выглядят в виде светлых, а междендритные промежутки в виде тёмных участков. Высокий контраст между ветвями дендритов и междендритными промежутками является косвенным признаком, свидетельствующим о различии в химическом составе и строении этих участков. Результаты точечного микрорентгеноспектрального анализа, полученного в точках 1 и 2, представлены на рисунке 2.



Элемент	Ta	Nb	O	Ti
Средний	19,2	18,8	6	остальное
Точка 1	21,6	20,2	3,8	остальное
Точка 2	18,3	14,3	12,2	остальное

Рис 2. Структура покрытия и химический состав анализируемых точек.

Необходимо отметить, что на фоне дендритной структуры присутствуют границы крупных зерен, часто пересекающие дендриты. Этот факт свидетельствует о том, что зеренная структура была сформирована после образования дендритов. Обзор литературных данных позволил сделать вывод о том, что данные границы вероятно являются границами бывшей β -фазы. Более детальное изучение показало, что при охлаждении произошло бездиффузионное превращение $\beta \rightarrow \alpha'$. При этом были сформированы вытянутые мартенситные кристаллы.

ДюрOMETрические испытания показали, что средний уровень микротвёрдости покрытия составил 4000 МПа, в то время как микротвёрдость исходного титана находилась на уровне 2000 МПа.

Выводы

Методом вневакуумной электроннолучевой наплавки было сформировано покрытие системы Ti-Ta-Nb на подложке из чистого титана толщиной около 2 мм. Покрытие характеризуется высоким качеством, в нем отсутствуют поры и микротрещины. Средняя твёрдость покрытия составляет ~ 4000 МПа. После наплавки покрытие сохранило в своей структуре следы дендритного строения, и, возможно, границы бывших зёрен β -фазы. На микроуровне покрытие имеет структуру мартенситного типа. В составе покрытия обнаружено повышенное содержание кислорода. Для уменьшения его доли целесообразно использовать более чистые исходные порошки.